



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Diploma

Tolerancia de quince genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)
Moench]) al daño por mosquita (*Stenodiplosis sorghicola*
Coquillett)

Autores

Br. Lourdes Eridania Cerrato Sequeira

Br. Karla Johanna Flores Centeno

Asesores

Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez

Ing. Santos Rafael Obando Solís

Managua, Nicaragua

Agosto, 2012



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Diploma

Tolerancia de quince genotipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.)
Moench) al daño por mosquita (*Stenodiplosis sorghicola*
Coquillett)

Autores

Br. Lourdes Eridania Cerrato Sequeira
Br. Karla Johanna Flores Centeno

Asesores

Dr. Oscar José Gómez Gutiérrez
Ing. Santos Rafael Obando Solís

Managua, Nicaragua
Agosto, 2012

Dedicatoria

Principalmente a Dios por sobre todas las cosas por haberme dado fortaleza y sabiduría.

A mis padres, Armando Cerrato Cuarezma y Lourdes Sequeira Domínguez, por darme todo su amor, esfuerzo, apoyo moral y económico. Quienes hicieron posible la culminación de mis estudios.

A mis hermanos Deiby, Jhon, Byron, por haberme ofrecido siempre su apoyo incondicional.

Br. Lourdes Eridania Cerrato Sequeira

Dedicatória

A Dios por haberme dado fortaleza, sabiduría y bendición a mi familia para que me ayudaran en todo.

A mis padres, Juan Flores Escoto y Vilma Centeno de Flores, quienes con todo su amor, esfuerzo, apoyo moral y económico hicieron posible la culminación de una de mis metas.

A mis queridos hermanos Walter, Eliezer, Misael, Dina, Nadir, que me brindaron todo su amor, comprensión, entusiasmo y apoyo económico, para terminar mí meta.

A mis sobrinos Eliezer, Styveen, Jessy, quienes me han dado la alegría cada día.

A José Miguel Hernández, quien con todo su amor, comprensión y paciencia, estuvo animándome en mis estudios todos estos años.

Br. Karla Johana Flores Centeno.

Agradecimientos

En primer instancia, agradecemos a Dios, por darnos la vida, salud, fortaleza, sabiduría y guiarnos por el camino correcto, gracias a el hemos hecho realidad unos de nuestros sueños.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA), quien nos dio la oportunidad de formarnos profesionalmente.

Al Centro Nacional de Investigación Agropecuaria y Biotecnología (CNIAB), por su apoyo en el montaje del experimento concerniente en: (suministro de los genotipos, terreno, maquinaria, insumos, mano de obra, computadora y material bibliografico.

A nuestros asesores Dr. Oscar Gómez Gutiérrez y al Ing. M. Sc. Rafael Obando Solís por su ayuda a la realización de nuestro trabajo y por todo su apoyo incondicional.

Al profesor Alex Cerrato, por su cariño, apoyo, colaboración y valiosos consejos, para la realización de nuestra carrera.

A la Ing. Nury Gutiérrez por brindarnos su valiosa colaboración en nuestro trabajo.

Al Dr. Aldo Rojas, por su apoyo incondicional.

Al Ing. José Ángel Vanegas, por sus consejos, comprensión y ánimo que nos brindó todos estos años, para que pudiéramos concluir nuestra meta.

A todo el personal del CNIAB, por ser excelentes personas, por sus consejos y apoyo.

Br. Lourdes Eridania Cerrato Sequeira
Br. Karla Johana Flores Centeno

INDICE DE CONTENIDO

SECCION	PAGINAS
DEDICATORIA	i, ii
AGRADECIMIENTOS	iii
INDICE DE CONTENIDO	iv
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	3
HIPOTESIS	4
II. MATERIALES Y METODOS	5
2.1 Ubicación del estudio	5
2.2 Descripción de los genotipos evaluados	6
2.3 Manejo agronómico	7
2.4 Descripción del diseño experimental	7
2.5 Análisis estadístico	7
2.6 Variables evaluadas	8
2.6.1 Variables biológicas	8
2.6.1.1 Número de mosquitas por panoja (<i>Stenodiplosis sorghicola</i>)	8
2.6.1.2 Incidencia de mancha zonada (<i>Gloeocercospora sorghi</i>)	8
2.6.2 Variables agronómicas	9
2.6.2.1 Días a floración	9
2.6.2.2 Ejerción de las panojas (cm)	9
2.6.2.3 Longitud de las panojas (cm)	9
2.6.2.4 Altura de la planta (cm)	9
2.6.2.5 Plantas acamadas	9
2.6.2.6 Senescencia foliar (Stay green)	10
2.6.2.7 Número de panojas cosechadas por parcela	10
2.6.2.8 Peso de panojas por parcelas	10
2.6.2.9 Contenido de humedad del grano(%)	10
2.6.2.10 Rendimiento	11
III. RESULTADOS	
3.1 Número de mosquitas (<i>Stenodiplosis sorghicola</i>) por panoja	12
3.2 Incidencia de mancha zonada (<i>Gloeocercospora sorghi</i>)	13
3.3 Días a floración	14
3.4 Ejerción de la panoja	14
3.5 Longitud de la panojas	15
3.6 Altura de plantas	15
3.7 Plantas acamadas	15
3.8 Senescencia foliar a maduras (Stay green)	16
3.9 Número de plantas cosechadas por parcela	16
3.10 Peso de panojas por parcelas	16
3.11 Contenido de humedad del grano (%)	16
3.12 Rendimiento del grano kgha ⁻¹	16
	17

DISCUSION	
Variables biológicas	18
Variables agronómicas	18
V. CONCLUSIONES	20
VI. RECOMENDACIONES	21
VII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	22
VIII. ANEXOS	24

INDICE DE CUADROS

CAUDROS	PAGINAS
1 Origen y genotipos de sorgo utilizados en el ensayo de campo, 2007.	6
2 Escala de evaluación de la incidencia de Mancha Zonada (<i>Gloeocercospora sorghi</i>). Ensayo de sorgo. 2007	8
3 Escala de evaluación de plantas acamadas en sorgo. Ensayo de sorgo; 2007.	9
4 Escala de evaluación de senescencia foliar. Ensayo de sorgo; 2007	10
5 Significancia estadística para las variables evaluadas. Ensayo CNIAB-INTA Managua, Nicaragua. Postrera 2007.	12
6 Comportamiento del número de mosquitas por panoja en dependencia del genotipo y de la fecha de muestreo. Ensayo CNIAB-INTA. Managua, Nicaragua. Postrera 2007.	13
7 Diferencias entre los genotipos de sorgo para el número de días a floración. Ensayo de sorgo. CNIAB-INTA. Managua, Nicaragua. Postrera 2007.	14
8 Separación de medias y valores promedios de las variables agronómicas evaluadas en el presentes ensayo de sorgo. CNIAB-INTA. Managua, Nicaragua. Postrera 2007.	15
9 Separación de medias y valores promedios de la variable rendimiento kg ha ⁻¹ , evaluada en el ensayo de sorgo. CNIAB-INTA. Managua, Nicaragua. Postrera 2007.	17

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PAGINAS
1 Plano de experimento de sorgo en arreglo unifactorial BCA.	25
2 Fotos de adulto de mosquita (<i>Stenodiplosis sorghicola</i>) en espiguilla de sorgo.	26
3 Fotos de la medición de las variables agronómicas del ensayo evaluado.	27

Resumen

Para garantizar una buena producción de sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench), se recurre en parte al uso de variedades resistentes a la mosquita del sorgo (*Stenodiplosis sorghicola* Coq.), que presenten un alto potencial de rendimiento y que posean características agronómicas deseables. En este estudio se evaluaron 15 genotipos de sorgo, estableciéndose el experimento en el Centro Nacional de Investigación Agropecuaria y Biotecnología, en la época de postrera (Septiembre de 2007 a Enero de 2008). El diseño experimental fue el de Bloques Completos al Azar, con cuatro repeticiones, donde cada tratamiento estuvo formado de cuatro hileras de cinco metros lineal de longitud con separación de 0.75 m entre surco, dejando 18 plantas por metro en cada surco. A los datos de las variables evaluadas se les realizó un análisis de varianza (ANDEVA), seguido de una separación de medias mediante la prueba DMS de Fisher. El programa utilizado fue INFOGEN (2007). Los resultados obtenidos mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), para todas las variables estudiadas. Los genotipos con menor número de mosquitas por planta (1, 3), fueron el 6 y 11, con rendimiento de 5659.50 kg/ha y 6874.48 kg/ha, siendo éstos los más precoces. El genotipo 9 y 10 con rendimiento de grano de 7368.16 kg/ha y 7561.55 kg/ha, superaron a los demás y también en características agronómicas deseables, con promedios óptimos, altura de plantas de 172.05 cm, senescencia foliar de 2.25%, enfermedades foliares de 1.25%, ejerción de panoja de 8.50 cm, longitud de panoja de 25.15 cm.

I.

INTRODUCCION

El sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) ha ocupado el quinto lugar entre los granos alimenticios que se cultivan en el mundo, siendo muy importante tanto para la elaboración de alimentos balanceados para animales domésticos, como para el consumo humano. En algunas regiones del mundo, el sorgo debido a su poca demanda de agua para su buen crecimiento y desarrollo, ha venido sustituyendo a otros cultivos entre ellos el maíz (Paúl, 1990).

El cultivo del sorgo se ve afectado negativamente por diversos factores bióticos y abióticos durante su crecimiento y desarrollo. Esto ha ocasionado reducciones significativas del rendimiento de grano. Entre los factores bióticos limitantes de la producción de granos en el cultivo del sorgo se encuentra la mosquita (*Stenodiplosis sorghicola* Coquillett), la que se considera la plaga más destructiva ya que su daño ocurre en la etapa de floración, específicamente al inicio de la formación del grano. En Nicaragua se encuentra ampliamente distribuida en toda la zona del Pacífico y en algunos casos cuando su control no es adecuado, puede llegar a ocasionar el 100% de pérdidas de la cosecha (INTA, 2000).

Según Zeledón (2000), la larva de la mosquita se alimenta del grano del sorgo en desarrollo por lo que la panoja, aparenta ser vana. En Nicaragua hasta 1981, se desconocía la causa del daño que presentaba la panoja y muchos agricultores consideraban que era debido a una baja polinización, fuertes temperaturas o bien a una sequía prolongada. El mismo autor menciona que bajo condiciones de sequía la larva puede entrar en reposo formando un capullo dentro de la inflorescencia, ahí permanece hasta la época de lluvia o cuando el aumento de la humedad induce la renovación del desarrollo. El adulto es una mosquita de color anaranjado de 1.5 mm de largo que se puede observar durante la floración. Cada hembra deposita entre 50 y 150 huevecillos durante su vida adulta, la que es de uno a dos días. De los huevecillos nacen las larvas que son las que se alimentan del ovario de la flor, el cual se arruga y no se desarrolla. En ataques severos la panoja completa no forma grano. El adulto rara vez vive por más de un día aunque las condiciones ambientales sean favorables. La reproducción es continua, de manera que hay una secuencia de emergencia de nuevos adultos cada mañana (Zeledón, 2000).

El ciclo de la mosquita oscila entre 16 y 25 días, siendo las fases de desarrollo las siguientes: huevo, larva, pupa y adulto. Esto permite entre nueve y doce generaciones por ciclo agrícola y trae como resultado un aumento de las infestaciones cuando la época de floración del sorgo se extiende. El insecto puede ser llevado a largas distancias en estado de diapausa, en la semilla o con el heno del sorgo forrajero. En este estado biológico la mosquita puede sobrevivir hasta tres años. La dispersión del insecto por el vuelo no puede hacerse a grandes distancias, ya que el adulto, además de ser sumamente frágil y de corta vida, tiene vuelo muy lento. En el caso de las hembras difícilmente abandonan un cultivo si en el hay condiciones favorables para el desove (INTA, 2000).

Con el uso de una amplia gama de fechas de siembra y de maduración se han estado haciendo selecciones de germoplasma de sorgo en el (CNIAB), Centro Nacional de Investigación Agropecuaria y Biotecnología para identificar materiales genéticos con resistencia a la mosquita (Zeledón, 2000).

Poehlman *et al.*, (1990), sugieren que debido a la inutilidad de los métodos de control basado en los conocimiento de la dinámica poblacional de la mosquita del sorgo y el manejo integrado de plagas, es esencial el desarrollo de variedades resistentes. La resistencia puede estar asociada al grosor natural de glumas del grano, además se debe procurar que la pureza de la semilla sea alta, a fin de que todas las panículas florezcan al mismo tiempo. Actualmente se dispone de genotipos que muestran resistencia a la mosquita del sorgo, pero la investigación continúa en esta área, siendo el objetivo final el poder contar con variedades de sorgo resistentes que puedan ser utilizadas por los agricultores. Dichos materiales genéticos pueden contribuir al incremento de los rendimientos de grano o al aumento de la rentabilidad de la producción al hacer menos uso de plaguicidas para el control de la mosquita del sorgo. Esto último a su vez reduciría la contaminación del medio ambiente y además se podría promover el cultivo del sorgo en fechas de siembra tardía y en áreas donde la mosquita es un problema en la producción comercial. En la actualidad el método más eficaz para el control de la mosquita es la ordenación de las fechas de siembra, es decir, siembras tardías (Septiembre – Diciembre) en la zona del Pacífico donde esta plaga se encuentra ampliamente distribuida.

En el marco del convenio (INTA- INTSORMIL), Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria - Programa Internacional Sorgo Mijo, desde el año 2000 se han introducido al país líneas de sorgo procedentes de la universidad de Texas A & M (Agricultural and Management), para ser evaluadas por su resistencia a la mosquita del sorgo, y por su alto rendimiento.

Actualmente 15 genotipos de sorgo están en proceso de evaluación, algunos de los cuales han mostrado porcentaje de daño a la mosquita del sorgo menor al 20%, valor muy inferior al mostrado por variedades susceptibles en las que se han registrado porcentajes de daño mayor al 80%. Como continuación de estas líneas de investigación en el CNIAB se planteó este trabajo cuyos objetivos se describen a continuación.

Objetivo general

Como objetivo general se planteó:

Contribuir al mejoramiento del cultivo del sorgo mediante la generación y utilización de variedades mejoradas tolerante a la mosquita del sorgo.

Objetivos Específicos

De manera particular se establecieron los objetivos siguientes:

Evaluar el nivel de tolerancia de trece líneas y dos variedades de sorgo a la mosquita (*Stenodiplosis sorghicola*) Coquillett, a fin de identificar al menos un genotipo resistente.

Identificar al menos un genotipo que supere en rendimiento a los testigos comerciales utilizados y con una buena precocidad.

Seleccionar al menos un genotipo que combine tolerancia a la mosquita y buen rendimiento de grano.

Hipótesis

En este ensayo se plantearon las hipótesis nulas siguientes:

No hay diferencia en cuanto a rendimiento de grano entre genotipos.

Ningún genotipo mostró buena tolerancia a la mosquita del sorgo y un buen rendimiento.

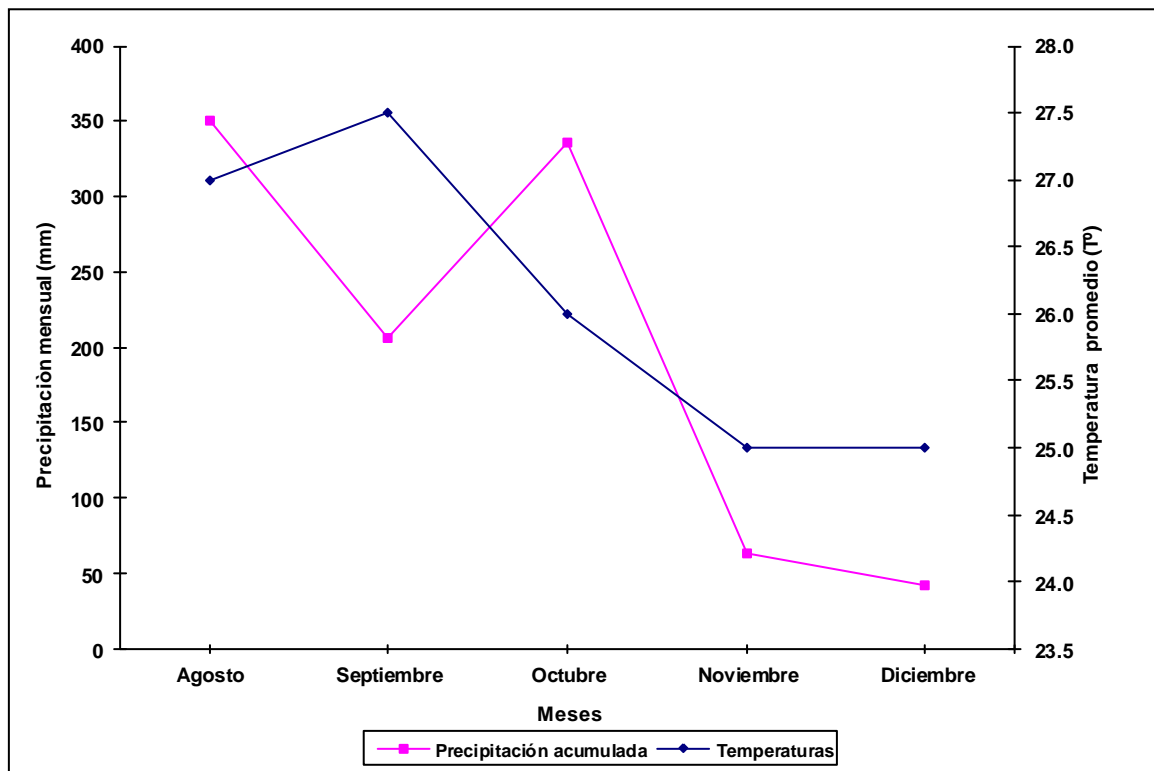
Todos los genotipos estudiados presentan valores promedios similares en cuanto al rendimiento de grano y tolerancia a la mosquita del sorgo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la época de postrera (Septiembre – Enero), del año 2007, en el CNIAB, perteneciente al INTA. El CNIAB, se encuentra ubicado en el km 14 ½ carretera norte, 2 km al sur, en el Departamento de Managua, a una altura de 54 msnm en las coordenadas 12° 08' Latitud Norte y 86° 10' Longitud Oeste, con una temperatura promedio de 27.5° C y una precipitación anual de 1229.6 mm (INETER, 2007).

Las precipitaciones acumuladas y las temperaturas promedios por mes, durante el período en que se realizó el ensayo en campo se describen en el gráfico siguiente:



Fuente: INETER, 2007

Figura 1. Datos climáticos registrados en el Centro Nacional de Investigación Agropecuaria y Biotecnología (CNIAB), durante el período de agosto a diciembre, Managua, 2007.

2.2 Descripción de los genotipos evaluados

De los 15 genotipos evaluados en el presente estudio y que se describen en el cuadro 1, trece son líneas puras y dos son variedades, las cuales fueron utilizadas como testigos. En este mismo cuadro se presenta el origen de los genotipos estudiados.

Cuadro 1. Origen y genotipos de sorgo utilizados en el ensayo de campo, 2007

Número de entrada	Genotipo	Origen
1	MLT – Nic - 113	INTA
2	MLT- Texas- 112	Texas A & M
3	MLT- Texas – 114	Texas A & M
4	MLT- Texas – 147	Texas A & M
5	MLT- Texas – 134	Texas A & M
6	MLT- Texas – 120	Texas A & M
7	MLT- Texas – 118	Texas A & M
8	MLT – Nic – 119	INTA
9	MLT – Nic – 127	INTA
10	MLT – Nic – 123	INTA
11	MLT – Nic – 115	INTA
12	MLT – Nic – 117	INTA
13	MLT – Nic – 119-1	INTA
14	*INTA – CNIA	INTA
15	*Pinolero	INTA

MLT: Ensayo de líneas de sorgo por su tolerancia a la mosquita. (MLT por sus siglas en inglés, vivero, de Texas). * Variedades: Utilizadas como testigos

2.3 Manejo agronómico

La preparación del terreno se realizó de forma convencional. Inicialmente se procedió a la limpieza del terreno un mes antes de la siembra, 15 días antes de la misma se realizó un pase de arado y dos de grada, posteriormente se realizó la siembra de forma manual, a surco corrido ralo depositando dos gramos de semilla por parcela experimental. Quince días después de la siembra (dds) se realizó el raleo dejando 18 plantas por metro lineal, para un total de 90 plantas por surco. Con relación a la fertilización nitrogenada ésta se realizó a los 25 dds con aplicación 45.46 de kg ha^{-1} de urea 46% N. El control de arvenses se realizó de forma manual cada quince días, garantizando que el cultivo permaneciera limpio durante todo su ciclo. La cosecha se realizó manualmente, una vez que el cultivo alcanzó su madurez fisiológica.

2.4 Descripción del diseño experimental

El arreglo de los tratamiento en el campo fue de Bloques Completos al Azar (BCA), con cuatro repeticiones, donde la parcela experimental estuvo formada por cuatro surcos de cinco metros de longitud cada uno y espaciados a 0.75 m. La parcela útil consistió en los dos surcos centrales.

2.5 Análisis estadístico

Los datos de campo fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), empleando el programa estadístico INFOGEN (2007). Para el caso de aquellas variables en que la diferencia entre los tratamientos estudiados resultó estadísticamente significativa, se procedió a realizar la prueba de separación de medias mediante la prueba LSD de Fisher.

2.6 Variables evaluadas

Las variables evaluadas en el presente estudio se clasificaron en dos grupos: biológicas y agronómicas. Para el registro de la información del primer grupo de variables, se realizaron muestreos visuales cada ocho días a partir de los 23 días después la siembra; Dichos muestreos se realizaban entre las seis y ocho de la mañana debido a que en esta hora los rayos solares no son fuertes y la velocidad del viento es baja lo que facilita observar más detalladamente a las mosquitas.

2.6.1 Variables biológicas

2.6.1.1 Número de mosquitas (*Stenodiplosis sorghicola*) por panoja: Para el cálculo de esta variable se consideraron las plantas de los dos surcos centrales y se determinó el número de mosquitas presentes por cada panoja de la parcela útil de todas las plantas, cada tres días. Posteriormente se calculó el valor promedio de mosquitas por panoja.

2.6.1.2 Incidencia de mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*). La incidencia de esta enfermedad se evaluó visualmente cinco días antes de la cosecha en diez plantas de cada parcela útil, para su medición se utilizó la escala de uno a cinco propuestas por Federiksen *et al.*, (1981), que se describe a continuación:

Cuadro 2. Escala de evaluación de la incidencia de mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*).

Calificación	Descripción
1	Ninguna planta afectada
2	De 1 a 10 % de plantas afectadas
3	De 11 a 25 % de plantas afectadas
4	De 26 a 40 % de plantas afectadas
5	Mas de 40 % de plantas afectadas

2.6.2 Variables agronómicas Entre estas variables se registraron las siguientes:

2.6.2.1 Días a floración. Se consideró como el número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta el momento que se alcanzó el 50 % de emisión de polen en la panoja, en el 50% de las plantas de la parcela útil.

2.6.2.2 Ejerción de la panoja (cm). Se determinó como la emergencia de la panoja sobre la hoja bandera, desde el cuello de la misma hasta la base de la panoja (nudo ciliar). Esta variable se midió en diez plantas y posteriormente se determinó el valor promedio.

2.6.2.3 Longitud de la panoja (cm). Para su evaluación se midió desde la base de la panoja hasta los primeros granos de la misma en el ápice. Los datos se tomaron cuando el cultivo tenía 96 dds en una muestra de diez plantas por parcelas, calculándose después el valor promedio de dicha variable.

2.6.2.4 Altura de la planta (cm). Esta variable se evaluó, en una muestra de diez plantas, midiendo la longitud del tallo desde el nivel del suelo hasta el ápice de la panoja, a los cinco días antes de la cosecha, cuando el cultivo tenía 96 dds. Se registró finalmente el valor promedio.

2.6.2.5 Plantas acamadas. Para la determinación de esta variable, se observó el porcentaje de plantas acamadas por cada parcela, posteriormente se utilizó la escala del 1 al 5 sugerida por Frederiksen *et al.*, (1981).

Cuadro 3. Escala de evaluación de plantas acamadas en sorgo.

Calificación	Descripción
1	Del 2 % o menos de plantas acamadas
2	Del 3 al 10 % de plantas acamadas
3	Del 11 al 30 % de plantas acamadas
4	Del 31 al 70 % de plantas acamadas
5	Del 71 al 100 % de plantas acamadas

La escala anterior se aplicó en los dos surcos centrales, evaluándose esta variable de manera visual.

2.6.2.6 Senescencia foliar (Stay green). En esta variable se utilizó la escala del 1 al 5 propuesta por Frederiksen *et al.*, (1981), y se evaluó cuando el cultivo tenía 96 dds en una muestra de diez plantas tomadas de los dos surcos centrales. En cada una de las plantas muestreadas se observó el porcentaje de hojas muertas. La escala empleada se describe a continuación:

Cuadro 4. Escala de evaluación de senescencia foliar.

Calificación	Descripción
1	Ninguna hoja muerta
2	De 1 al 25 % de hojas muertas por planta
3	De 26 al 50 % de hojas muertas por planta
4	De 51 al 75 % de hojas muertas por planta
5	Más del 76 % de hojas muertas por planta

2.6.2.7 Número de panojas cosechadas por parcela: Cinco días antes de la cosecha se hizo un conteo de las plantas de la parcela útil a cosechar. En ese mismo momento se determinó el número de panojas por parcela.

2.6.2.8 Peso de panojas por parcela: Para la medición de esta variable se tomaron todas las panojas de la parcela útil al momento de la cosecha y se pesaron utilizando una balanza mecánica y el resultado se expresa se registro el peso en kilogramos.

2.6.2.9 Contenido de humedad del grano (%): La humedad del grano se midió en el campo al momento de la cosecha utilizando un determinador de humedad portátil marca Dickey John, de las diez panojas tomadas cada parcela. Esta variable se determinó por cada una de las parcelas del ensayo de campo.

2.6.2.10 Rendimiento de grano: Se determinó a nivel de parcela útil, para esto se cosecharon todas las panojas, se trillaron, se pesaron y se determinó el contenido de humedad de las mismas. Por último se determinó el rendimiento por hectárea ajustado por el contenido de humedad del grano al 14% y el porcentaje de desgrane de la panoja de acuerdo con Barreto y Raun (1998), utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento} = (\text{Peca} / \text{A. P. U.}) * 10,000 * 0.8 * (100 - \%H) / 86\%$$

Peca: Peso de grano en el campo al momento de la cosecha.

A. P. U: Área de la parcela útil, la cual es de 7.5 m².

10000: Área de una hectárea en metros cuadrados (constante).

0.8: Porcentaje de desgrane a la cosecha (constante).

100: Es una constante utilizada en dicha fórmula.

% H: Es el porcentaje del contenido de humedad del grano, a la cosecha.

86%: Constante para uniformizar el peso del grano al 14 % de contenido de humedad.

III. RESULTADOS

Los resultados de análisis de varianza (cuadro 5), reflejan que para la variable número de mosquitas por panojas se detectó una interacción de fecha por genotipo altamente significativa ($p < 0.01$). Esta variable fue la única que se midió varias veces a través del tiempo, por lo que para el resto de variables únicamente se muestra el efecto del factor genotipo, el que resultó ser altamente significativo ($p < 0.01$).

Cuadro 5. Significancia estadística para las variables evaluadas. Ensayo CNIAB – INTA. Managua, Nicaragua. Postrera 2007

Fuente de Variación	Bloque	Genotipos	Fecha	Fecha*Genotipo
Número de mosquitas por panoja	**	**	**	**
Incidencia de mancha zonada	NS	**	-	-
Días a floración	NS	**	-	-
Exerción de la panoja (cm)	NS	**	-	-
Longitud de la Panoja (cm)	NS	**	-	-
Altura de la Planta (cm)	NS	**	-	-
Plantas acamadas (%)	NS	**	-	-
Senescencia foliar (%)	NS	**	-	-
Rendimiento (kg/ha ⁻¹)	NS	**	-	-
Peso de panojas por parcelas (kg)	**	**	-	-
Contenido de humedad del grano (%)	**	**	-	-
Número de panojas cosechadas/parcela	**	**	-	-

NS: No Significativo, **: $p < 0.01$, - : No se calculó el efecto de fecha ni el de la interacción fecha* genotipo debido a que se realizó en una sola fecha

3.1 Número de mosquita por panoja

Según los resultados del análisis de varianza (cuadro 6), el número promedio de mosquitas por panoja de los diferentes genotipos estudiados varió según la fecha de muestreo. En general el mayor número de mosquita por panoja, independientemente del genotipo se observó en los muestreos realizados entre los 72 y 74 dds (cuadro 6). En este momento, algunos de los genotipos de sorgo (5, 6 y 7 y 11) evaluados resultaron significativamente menos afectados por la mosquita del sorgo que los genotipos nacionales INTA- CNIA (14) y Pinolero (15).

Cuadro 6. Comportamiento del número de mosquitas por panoja en dependencia del genotipo y de la fecha de muestreo. Ensayo CNIAB – INTA. Managua, Nicaragua. Postrera 2007

Genotipo	Fechas(dds)									
	62	64	69	72	74	76	79	81	83	86
1	1 a	1 ab	3 cde	3 e	3 bcd ef	3 c	2 bc	1 a	1 a	3 b
2	2 a	1 a	2 abcd	2 bc	5 ef	2 abc	2 ab	1 a	1 a	1 a
3	1 ab	1 a	2 abc	2 abc	5 ef	2 abc	2 ab	1 a	1 a	1 a
4	1 ab	1 abc	2 abcd	2 abc	3 ab cd	1 a	1 a	1ab	1 a	1 a
5	2 cd	3 ef	3 de	2 abc	2 abc	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a
6	2 abdd	2 d ef	3 e	2 abc	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a
7	3 d	2 bcde	2 ab	2 abc	2 ab	1 a	1 a	2 b	1 a	1 a
8	2 abcd	2 bcd	3 bcde	2 bc	2 abc de	2 abc	1 a	1 a	1 a	1 a
9	2 bcd	2 abc	3 cde	1 ab	3 abc de	2 ab	1 a	1 a	1 a	1 a
10	2 abcd	2 abcd	3 bcde	2 abc	3 abc de	2 bc	1 a	1 a	1 a	1 a
11	2 cd	3 f	3 bcde	2 abc	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a	2ab
12	2 abcd	2 cde	2 bcde	1 a	3 abc de	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a
13	1 a	1 a	1 a	2 abc	5 f	2 abc	3 c	2 b	2 b	3 b
14	2 abc	2 abcd	3 de	2 abc	4 def	2 bc	1 a	1 a	1 a	1 a
15	2 ab	2abc	3 abcde	2bc	4 cdef	2 abc	2 ab	2 b	1 a	1 a
R²	0.69	0.68	0.46	0.29	0.55	0.55	0.48	0.41	0.7	0.2
CV(%)	38.02	31.70	31.84	45.23	50.99	54.33	55.17	44.9	24	10

Letras distintas indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

3.2. Incidencia de mancha zonada (*Gloeocercospora sorghi*)

Los resultados reflejados en el cuadro 8, muestran de que todos los materiales genéticos estudiados, con excepción de uno (genotipo 10), mostraron valores promedios redondeados de incidencia de mancha zonada de dos por ciento, lo que significa un porcentaje de plantas con mancha zonada del 1 al 10%, lo que se considera tolerante. El genotipo de sorgo número 10 (cuadro 8), resultó afectada por mancha zonada pero en menor porcentaje.

3.3 Días a floración

El número de días a floración osciló entre 58 a 70 días después de la siembra, correspondiente a los genotipos 11 y 13 respectivamente (cuadro 7). De los genotipos estudiados el 7 y 11 resultaron significativamente ($p < 0.01$) más precoces que todo el resto de materiales genéticos (incluyendo los testigos nacionales).

Cuadro 7. Diferencias entre los genotipos de sorgo para el número de días a floración
Ensayo de sorgo. CNIAB – INTA. Managua, Nicaragua. Postrera 2007

Genotipos	Días a floración
11	58 a
7	59 a
6	60 ab
5	62 bc
12	63 cd
4	63 cd
9	65 cde
10	66 def
14	67 efg
8	67 efg
1	68 fg
3	68 fg
2	69 fg
15	69 fg
13	70 g
R ²	0.83
CV%	3.05

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.01$)

3.4 Ejercicio de la panoja

Los genotipos de mayor ejercicio de panoja fueron el 6 y el 13, cuyos valores promedios fueron 17.0 y 17.6 cm, respectivamente, con valores menores los genotipos 2 y 8 con valores de 5.8 cm y 7.4 cm (cuadro 7).

3.5 Longitud de la panoja

Entre los genotipos que presentaron significativamente menor ($p < 0.01$) longitud de panoja están el 1, 9 y 12 (cuadro 8). Otro grupo mostró valores promedios de longitud de panoja intermedia (genotipo 4, 5, 8, 10, 11, 14 y 15). El resto de genotipos resultaron con panojas significativamente más largas, entre ellos están en genotipo 2, 3 y 13 con valores promedios de 34.65 cm, 33.10 cm y 32.50 cm.

3.6 Altura de la planta

Los genotipos que presentaron significativamente mayor ($p < 0.01$), altura fueron el 1, 15 y 13, cuyos valores oscilaron entre 183.35 y 231.95 cm y entre los genotipos que mostraron menor altura están 6 y 4, con altura de 116.75 a 142.55 cm (cuadro 8).

Cuadro 8. Separación de medias y valores promedios de las variables agronómicas evaluadas en el presente ensayo de sorgo. CNIAB – INTA. Managua, Nicaragua. Postrera 2007

Genotipo	Mancha zonada (%)	Ejercicio de panojas (cm)	Longitud de panojas (cm)	Altura de plantas (cm)	Plantas acamadas (%)	Senescencia foliar (%)	Humedad del grano(%)
1	1.63 abcd	10.6 bcde	23.15 a	231.9 f	2 b	3.38c	24 bcd
2	2.01 ef	5.8 a	34.65 e	144.8 b	1a	2.88bc	27 d
3	2.45 g	9.1 abcd	33.10 de	144.1 b	1a	3.75cd	24 bcd
4	1.96 def	13.1 ef	28.20 bc	142.5 b	1a	3d	20 abc
5	2.19 fg	15.0 fgh	25.95 ab	154.0 bc	1a	3.50 cd	19 ab
6	1.84 bcde	17.0 gh	30.95 cde	116.7 a	1a	4e	18 ab
7	1.78 abcde	14.7 fgh	30.35 cd	167.5 cd	1a	3.13 bc	16 a
8	1.54 ab	7.4 ab	25.00 ab	169.3 cd	1a	1.75a	21 abcd
9	1.60 abc	8.5 abc	24.00 a	171.9 cde	1a	2.50 ab	26 cd
10	1.46 a	8.5 abc	25.16 ab	172.0 cde	1a	2.25ab	22 abcd
11	1.59 abc	11.8 cdef	25.20 ab	168.7 cd	1a	2.38ab	16 a
12	1.51 ab	12.2 def	23.95 a	163.2 bcd	1a	2.50ab	22 abcd
13	2.02 ef	17.6 h	32.50 de	183.3 de	1a	3.75 cd	24 bcd
14	1.89 cdef	10.7 bcde	24.85 ab	166.5 cd	1a	2.38 cd	23 bcd
15	1.59 abc	13.5 efg	25.50 ab	190.4 e	1a	3 de	26 cd
R ²	0.64	0.73	0.73	0.81	0.63	0.77	0.70
CV (%)	13.24	21.22	9.85	8.88	23.65	13.25	11.87

Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

3.7 Plantas acamadas

La variable acame del tallo, según el análisis de varianza muestra que los resultados obtenidos fueron altamente significativos ($p < 0.01$), donde el mayor porcentaje de acame lo presentó el genotipo 1 con un porcentaje del 2%, el resto de los genotipos presentaron tolerancia al acame del tallo (cuadro 8).

3.8 Senescencia foliar a madurez (Stay Green)

En la evaluación realizada para esta variable, hubo diferencia altamente significativa, donde el genotipo con un mayor porcentaje de Senescencia foliar fue el 6 con 4% y con un menor porcentaje el genotipo 8 con el 1.75%, (Tabla 8).

3.9 Número de plantas cosechadas por parcela

Para esta variable el mayor número significativamente de plantas cosechadas, se encontraron en los genotipos 7 con 153 plantas, 1 con 148 plantas y los genotipos 9 y 14 con 134 plantas, el menor índice poblacional de plantas lo presentaron los genotipos 3 y 12 con un número de 109 y 106 plantas por parcelas (Tabla 9).

3.10 Peso de panojas por parcela

En el presente estudio, estadísticamente se pudo observar que el mayor peso de panojas por parcela lo presentaron los genotipos 2, 9, 10 y 15 con 8 kg cada uno y el menor peso de panojas por parcela lo presentaron los genotipos 4 y 13 con valores de 5 kg (Tabla 9).

3.11 Contenido de humedad del grano (%)

Referente al contenido de humedad del grano, estadísticamente el menor porcentaje de humedad los presentaron los genotipos 5, 6, 7 y 11, con 16 a 19 % y con un mayor contenido los genotipos 2, 9 y 15 con un porcentaje de 26 a 27 % respectivamente (Tabla 8).

3.12 Rendimiento del grano (kg ha⁻¹)

En general, tres de los genotipos evaluados, 9, y 10, con rendimiento promedios de 7,368.16 y 7,561.55, kg ha⁻¹, resultaron estadísticamente superior a los testigos 14 y 15, con rendimiento promedios de 6,947.45 y 7,109.22 kg ha⁻¹, respectivamente utilizados en el presente estudios (Tabla 9).

Cuadro 9. Separación de medias y valores promedios de la variables del rendimiento evaluada en sorgo. CNIAB – INTA. Managua, Nicaragua. Postrera 2007

Genotipos	Plantas cosechadas/parcela	Peso de panojas / parcela (kg)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
10	115 a	8 de	7561.55 a
9	134 abc	8 de	7368.16 a
8	114 a	7 cd	7182.21 ab
15	122 ab	8 de	7109.22 ab
14	134 abc	7 cd	6947.45 ab
2	131 bc	8 de	6876.60 ab
11	124 abc	7 cd	6874.48 ab
1	148 bc	7 cd	6643.80 ab
12	106 a	7 cd	6399.14 bcd
5	123 abc	6 ab	6337.22 bcd
7	153 c	6 ab	6299.97 bcd
6	125 abc	6 ab	5659.50 cd
4	129 abc	5 a	5593.44 cd
3	109 a	6 ab	5287.18 cd
13	120 ab	5 a	4902.42 d
R ²	0.59	0.69	0.67
CV%	9.77	10.50	10.46

Letras distintas indican diferencia significativa (p<0.05)

IV. DISCUSIÓN

Es importante destacar que de acuerdo los datos encontrados en el trabajo evaluado, el nivel de población de mosquita para todos los genotipos, fueron altamente significativos, brindando un panorama global del comportamiento del número de mosquita por panojas en dependencia del genotipo. En el cuadro 6 se aprecia que, el mayor índice poblacional de mosquita se obtuvo al inicio de floración, (74 dds), obteniendo un porcentaje mayor los genotipos 2, 3, 13, 14 y 15, con un número de mosquita de 4 a 5 por panoja, éstos genotipos son aun más susceptibles a la mosquita dentro de estos también se encuentra los genotipos utilizados como testigo. Para los tres primeros genotipos los valores promedios en cuanto al rendimiento fue inferior, no así para los genotipos estudiados como testigo, donde ellos presentaron un rendimiento satisfactorio, el cual se puede apreciar en el cuadro 9.

Para completar el panorama expuesto anteriormente, es oportuno conocer que los genotipos 2, 3 y 13, sus días a floración se prolongaron, tardíos (Cuadro 7), por lo tanto se pudo observar que no hubo uniformidad en los genotipos, presentando bajos rendimientos y posiblemente se debió al aumento del nivel poblacional de la mosquita (Gutiérrez, 2004), Señala, que en las líneas precoces el grado de afectación de la mosquita se incrementa conforme la fase de floración se prolonga y que las líneas tardías son las más afectadas en el rendimiento.

En los genotipos evaluados la incidencia de enfermedades foliares, no fue muy relevante como se puede apreciar en el cuadro 8, ya que sólo se notó la presencia de mancha zonada y únicamente en cuatro de ellos se presentaron incidencia no mayor de diez porciento de plantas afectadas, pero ésta no perjudicó en el rendimiento, posiblemente estos genotipos son los más susceptibles a la humedad y por consiguiente a dicha enfermedad ya que en estos meses hubieron precipitaciones mayores de 50mm como se pueden apreciar en la figura 1 de los datos climáticos registrados en dicho centro.

De manera general para las variables agronómicas: Longitud de panoja, ejerción de panoja, senescencia foliar, acame, altura de planta, número de plantas por parcelas, peso de panojas por parcela y contenido de humedad, se notó la diferencia entre ellos donde la mejor característica la presentó el genotipo 10, seguida por el genotipo 9, en estudios anteriores se reporta que en el año, 2004, no hubo daño de mosquita, por lo que se seleccionaron estos mismos genotipos por su aspecto de planta para evaluarla nuevamente en el año siguiente (Obando *et al.*, 2007).

Los mismos autores antes mencionados, indican que estudios realizados en el CNIAB en el año 2005, el daño de mosquita fue severo y algunas líneas no produjeron granos. Esto se debió que en este centro predomina el zacate Jhonson que es hospedero de dicha plaga. Estos resultados son similares a los encontrados en el presente estudio, debido a que se llevó a cabo en la misma localidad y se evaluaron los mismos genotipos, presentando así un nivel poblacional alto de mosquita, no afectando a si en su rendimiento, por lo que se puede decir que estos genotipos tienen un buen potencial de rendimiento de grano tanto sin presencia como con presencia de mosquita que es una condición deseables en los genotipos liberados a la producción comercial. Esto concuerda con la hipótesis tercera en la cual todos los genotipos estudiados presentan valores promedios similares en cuanto al rendimiento de grano y tolerancia a la mosquita del sorgo.

V .CONCLUSIONES

En el trabajo evaluado se encontró diferencias significativas en cuanto a rendimiento de grano entre los genotipos donde, el material 10 (MLT-Nic-123), con rendimiento de grano de 7561.55 kg/ha⁻¹ superó a los demás genotipos en un 10%, lo que es un buen indicador para promover su uso. El de menor rendimiento fue el genotipo 13 (MLT-Nic-119-1), con 4902.42 kg/ha⁻¹, esto posiblemente por la incidencia de mosquita y por la prolongación de días a floración.

No todos los genotipos mostraron tolerancia al nivel poblacional de la mosquita, ya que en algunos genotipos se registraron valores altos de números de mosquita, afectando su rendimiento, por lo que se rechaza la tercera hipótesis planteada.

Los días a floración iniciaron a los 62 dds, presentando un alto nivel poblacional de mosquita, los genotipos que florecieron a mayor número de días, después de los 79 dds, el número de mosquita se redujo, debido a que el grano llegaba a su madurez fisiológica. Por otra parte se pudo observar que a los 74 dds, la formación de grano se encontraba en un 50 %, lo cual estaba apto para la alimentación de la plaga y entre más se prolonga la floración en el sorgo como fue en el caso del genotipo 13, este fue el más tardío y albergó más mosquita.

VI. RECOMENDACIONES

Cuando esté apareciendo la primera espiga o panoja es importante hacer inspecciones con el objeto de asegurarse si existen mosquitas antes de la floración.

La uniformidad de la floración es muy importante, por lo que se debe procurar sembrar con buena humedad, variedades de floración uniforme; en caso de haberlas, cortarlas al florecer antes de la infestación.

El control de plantas hospederas disminuye el daño, de ahí se debe procurar que antes de espigar el sorgo, se elimine toda la maleza que halla alrededor y dentro de la parcela principalmente el zacate Jonson (*sorghum halepense*).

La buena preparación del terreno, es decir profundidad en el arado y eliminación de barbechos y residuos de cosechas, ayuda a mitigar gran cantidad de larvas y pupas de la mosquita.

Indudablemente el principal y más efectivo control preventivo es la fecha de siembra.

VII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

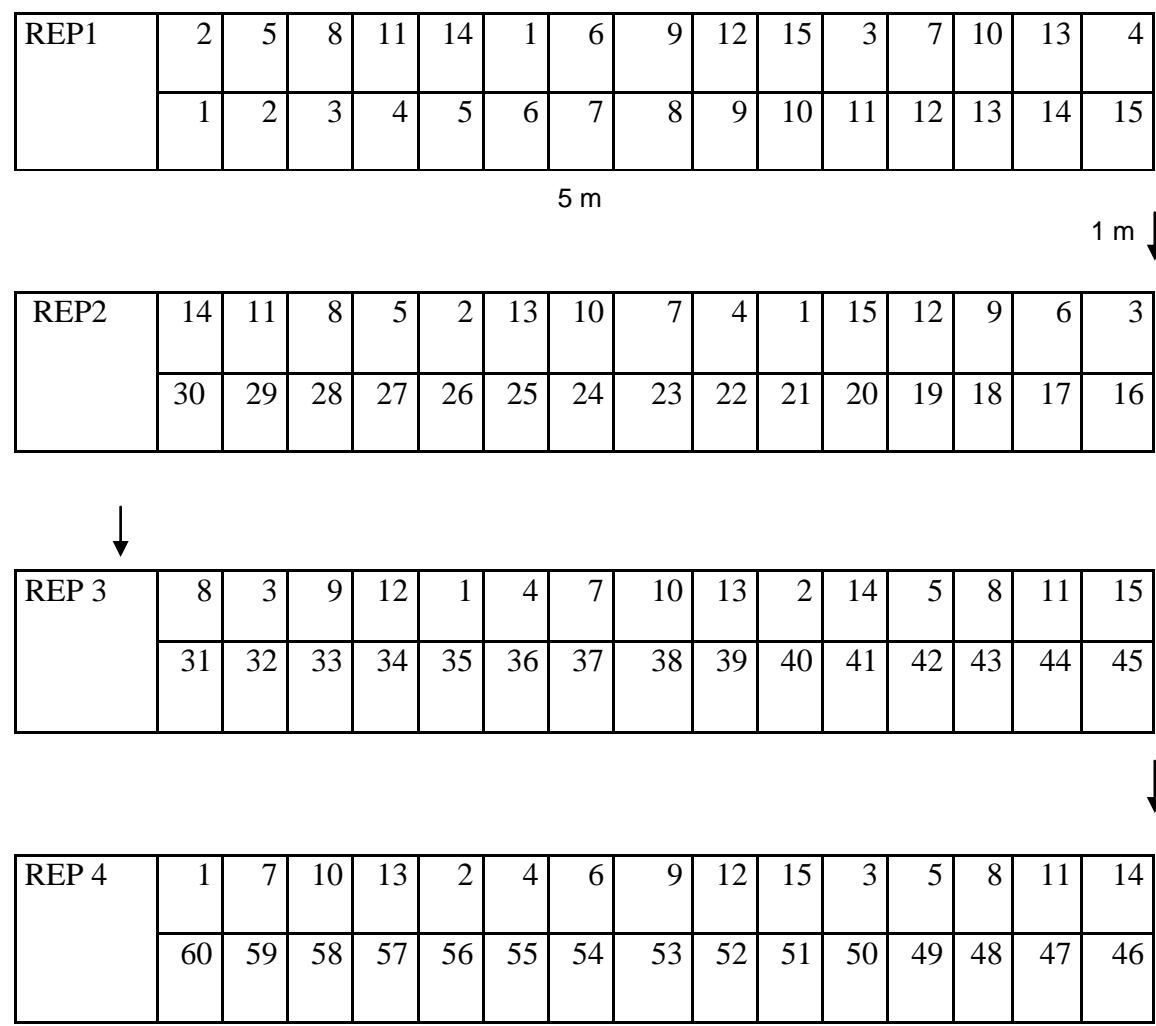
- Frerderiksen, R.A. ; D.T. Rosenow; G.L. Teetes; G. C. Peterson; G.N. Odvody; F.R. Miller; y S.D. Collins. 1981. Disease and insect rating schemes for sorghum. Texas A & M University. Sorghum Newsletter. p 44.
- Gutiérrez, N. 2004. Caracterización del fotoperiodismo y Agro morfología de 11 variedades de sorgo millón (*Sorghum bicolor* [L] Moench) en tres épocas de siembra. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
55 p.
- INETER, 2007. Dirección General de Meteorología. Estación de las Mercedes. Managua, Nicaragua.
- Paúl, C. 1990. Agronomía del sorgo. Instituto Internacional para la Investigación en Cultivos para trópicos semiáridos (ICRISAT), India p 30 – 40.
- Poehlman, J. 1990. Mejoramiento genético de las cosechas, Ediciones Ciencia y técnica. México. p 63-66.
- Obando R., C. Gutiérrez, M. Zamora, G. Peterson y H. Pitre. 20007. Evaluación de líneas de sorgo por su resistencia a la mosquita, *Stenodiplosis sorghicola*, en Nicaragua. La Calera. p 51-54.
- Zeledón, J, J. 2000. Occurrence, host plant relationships and management of sorghum midge, *Stenodiplosis sorghicola* (coq). (Diptera: Cecidomyiidae), on sorghum in Nicaragua. Mississippi, USA. 51p.

Zeledón, J.2002. Evaluación preliminar de 20 líneas de sorgo (*Sorghum bicolor* [L] Moench), por su reacción a plagas y enfermedades, Managua, Nicaragua.52 p.

Obando R; C. Gutiérrez; M. Zamora; O. Tellez; L. Garcia; Y. Gutiérrez; 2000.Cultivo del Sorgo. INTA. 31 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1 Plano de campo de experimento de sorgo en arreglo unifactorial BCA.



Anexo 2 Fotos de adulto de mosquita (*Stenodiplosis sorghicola*) en espiguilla de sorgo



1

Stenodiplosis sorghicola

2



3 Panojas con diferencias en el daño ocasionado por Las Mosquitas

Anexo 3 Fotos de la medición de las variables agronómicas del ensayo evaluado



4 Ensayo de sorgo



5 Altura de la planta



6 Longitud de la panoja



7 Plantas cosechadas por parcela



8 Peso de panojas/parcelas



9 Mancha zonada



10 Humedad del grano



11 Acame de plantas